

## 理論的分析と実験的検証による様々なジレンマ状況 における評判の効果に関する研究

著者	秋山 英三
発行年	2009
その他のタイトル	Analysis of the Effect of Reputation on the Various Types of Dilemma based on Theoretical and Experimental Methods.
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/104524">http://hdl.handle.net/2241/104524</a>

平成21年 6月 3日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18700220  
 研究課題名（和文） 理論的分析と実験的検証による様々なジレンマ状況における評判の効果に関する研究  
 研究課題名（英文） Analysis of the Effect of Reputation on the Various Types of Dilemma based on Theoretical and Experimental Methods.  
 研究代表者 秋山 英三 (AKIYAMA EIZO)  
 筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授  
 研究者番号：40317300

## 研究成果の概要：

本プロジェクトでは、様々なゲーム状況における戦略の進化を比較・検証し、特に、ゲーム構造と評判の効果の関係を分析した。分析は、進化ゲーム的手法とシミュレーションにより行い、また、シミュレーションでは、プレーヤーのモデルとして意思決定機構を有限状態オートマトンとして記述し、その進化の様子を分析した。その結果、囚人ジレンマがさらに拡張された状況の評判の効果に関する一連の発見があったほか、指導者ゲームの分析によるリーダーシップ論の進化的解釈の可能性が示され、また、確率過程によるモデル化により華厳ゲームの新たな進化的分析が行われるなど、研究の様々な発展可能性が示された。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	700,000	0	700,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総 計	2,800,000	210,000	3,010,000

研究分野：進化ゲーム理論、複雑系

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：複雑系、エージェントシミュレーション、進化ゲーム

## 1. 研究開始当初の背景

ゲームにおける進化的現象、特に、評判の効果に関する既存研究では、現実には多様な相互作用の形式があるにも関わらず、ほとんどの研究で囚人ジレンマタイプのゲームのみが分析されてきた。

本プロジェクトの研究代表者は、認知的相互作用から生じる社会・生態系の秩序／複雑さの起源、協調ルール形成のメカニズムを、「ゲームにおける進化・学習のダイナミク

ス」という視点から研究してきた。具体的には、ゲーム的状况における相互学習の連続時間極限モデルを構築することで零和ゲームの相互学習ダイナミクスを分析し、ゲーム系では初めてとなるハミルトンカオスの存在を示したり、力学系ゲームの枠組みを社会的ジレンマの問題に適用することで協力ルールの発展を、ゲーム力学系におけるアトラクタ間の遷移という視点から分析できることを示した他、進化オートマトンのシミュレ

ションを用いてゲーム系における戦略の進化を研究し、open-ended な進化からコミュニケーションが複雑化・多様化するプロセスを分析したり、ゲーム自体がプレイヤーの行動により動的に変化する「力学系ゲーム」モデルを提唱し、動的環境における一人ゲームの進化的現象を分析するなど、ゲームにおける進化現象を取り扱ってきた。

## 2. 研究の目的

上記の研究の流れとして、他者の評判が参照可能な社会における協力(間接的互惠性)の進化を分析し直接的互惠性と間接的互惠性の効果が一致する厳密な条件を示した鈴木氏との研究、二人囚人ジレンマ以外のゲーム(特に華厳ゲーム)における進化ダイナミクスでは協力形成に必要な記憶長が一致することを示した有賀氏との研究、上記の進化オートマトンのシミュレーション研究を踏まえ、多様なゲームにおける進化的現象を分析し、評判情報の影響を検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

様々なゲーム状況における戦略の進化を比較・検証し、ゲーム構造と評判の効果の関係を分析する。分析は、進化ゲーム的手法とシミュレーションにより行う。シミュレーションでは、プレイヤーのモデルとして、評判の解釈機構を含めた意思決定機構を有限状態オートマトンとして記述し、その進化の様子を分析する。

研究成果は、代表者が幹事を務める、人工知能学会：知識ベースシステム研究会で、2006年から2008年まで「知能と社会・ネットワーク」をテーマとした研究会を開催し、そこにおいて自らも発表している。

## 4. 研究成果

上述の研究の中で、プレイヤーの認知構造と社会慣習・互惠性の進化における「評判」の役割の分析を様々な状況の下で鈴木氏と共に行った。この研究では、例えば、ジレンマ状況における間接的互惠性の進化を、協力、裏切り、互惠戦略の三者がいる状態について、その均衡の安定性と、進化的ダイナミクスについて検証した。分析手法としては、進化シミュレータを作成し、それにより数値計算での分析と、進化ゲーム論的均衡分析、さらに、微分方程式の数値シミュレーションの三種の方向からの分析を行った。

直接、評判の効果については分析していないものの、指導者ゲームにおける進化オートマトンの研究では、社会心理学のリーダーシップ論における trait 仮説、situational 仮説の進化的解釈の可能性を示した。つまり、「上手く行動をコーディネートできない相

手に、自分からは譲らない」というポリシー、「いったん指導者の経験をすると積極的に振る舞う」というポリシー、「自分に指導者になった記憶がない場合、相手が常に積極的に指導者の経験もあるなら相手に追随する」というポリシーが、プレイヤーの計算能力の進展と共に必然的な進化の結果として表れることを数理的に示すことができた。

Avatamsaka dilemma game を取り扱った有賀氏との研究では、青木正直氏らのマクロ経済モデルをヒントにボリャの壺過程の数理解構造を進化的文脈で取り入れ、Avatamsaka Dilemma Game における協調行動の進化の新しい解釈を可能にした。

その他、次節のリストに、様々なゲームにおける情報構造・戦略の進化についての研究は、様々な方向での可能性が示されている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 25 件)

1. Aruka, Y. and Akiyama, E., ``Non-self averaging of a two-person game only with positive spillover---A new formulation of Avatamsaka dilemma process,`` Journal of Economic Interaction and Coordination, forthcoming (2009). <http://dx.doi.org/10.1007/s11403-009-0050-1> 査読有
2. Hanaki, N. Ishikawa, R. and Akiyama, E., ``Learning games,`` Journal of Economic Dynamics & Control, forthcoming (2009). <http://hdl.handle.net/2241/100201> 査読有
3. 秋山英三, ``エラー付き指導者ゲームにおける戦略の進化,`` 人工知能学会知識ベースシステム研究会第 85 回研究会論文集, pp. 5-10, 2009. 査読無
4. 秋山英三, 吉田和男, ``エラー付き指導者ゲームにおける戦略の進化,`` The Proceedings of the Joint Agent Workshop (JAWS 2008), 8 pages (2008), USBメモリによる配布. 査読有
5. 齋藤宗香, 山口裕, 八槇博史, 秋山英三, 瀬島誠, 吉田和男, ``国際政治・経済研究のためのシミュレーション環境 GPGSiM の開発,`` The Proceedings of the Joint Agent Workshop 2008 (JAWS 2008), 8 pages (2008), USBメモリによる配布. 査読有
6. Suzuki, S and Akiyama, E., ``Chaos, oscillation and the evolution of indirect reciprocity in n-person

- games,’’ *Journal of Theoretical Biology*, 252, 686-693 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2008.02.007> 査読有
7. Suzuki, S and Akiyama, E., “Evolutionary stability of first-order-information indirect reciprocity in sizable groups,’’ *Theoretical Population Biology*, 73, 426-436 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.tpb.2007.12.005> 査読有
  8. 杉崎裕治, 今井ゆきこ, 秋山英三, 「友人関係ネットワークとメッセージ伝達ネットワークの構造と、その時間発展」日本ソフトウェア科学会ネットワークが創発する知能研究会第3回ワークショップ (JWEIN2008) Proceedings, 57-64 (2008). 査読有
  9. 秋山英三, “構成員の能力の非均一性と社会的効率,’’ 人工知能学会知識ベースシステム研究会第81回研究会(知能・適応と社会、ネットワーク)論文集, 15-21 (2008). 査読無
  10. 花本伸行, 秋山英三, 石川竜一郎, “コンピュータ実験: 新しい理論分析への招待,’’ 経済セミナー No. 642, 2008年10月号, 29-32 (2008). 査読無
  11. Akiyama, E., “Dynamics of Coupled Players and the Evolution of Synchronous Cooperation --- Dynamical Systems Games as General Frame for Systems Inter-Relationship,’’ *EJTP* Vol.4, Issue 16(II) 303-318 (2007). 査読無・招待論文
  12. 木村博道, 秋山英三, “流動性指標に見るトレーダーの行動”, 情報処理学会論文誌 Vol.48 No. SIG19, 1-9 (2007) 査読有
  13. Suzuki, S and Akiyama, E., “Three-person game facilitates indirect reciprocity under image scoring,’’ *Journal of Theoretical Biology*, 249, 93-100 (2007). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2007.07.017>. 査読有
  14. Suzuki, S and Akiyama, E., “Evolution of compassion under un-repeated interaction,’’ In “Advancing Social Simulation” (eds. Takahashi, S., Sallach, D. and Rouchier, J.), 273-282 (2007). 査読有
  15. Suzuki, S. and Akiyama, E., “Evolution of indirect reciprocity in groups of various sizes and comparison with direct reciprocity,’’ *Journal of Theoretical Biology*, 245, 539-552 (2007). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2006.11.002> 査読有
  16. 相澤康弘, 秋山英三, “プレーヤー間リンク濃度が協力の進化に与える影響の分析,’’ 日本ソフトウェア科学会ネットワークが創発する知能研究会第3回ワークショップ (JWEIN2007) Proceedings, 155-156, (2007). 査読無
  17. 秋山英三, “動的資源を巡る行動同期の機構と協力ルールの形成,’’ 人工知能学会知識ベースシステム研究会第77回研究会(知能・適応と社会、ネットワーク)論文集, pp. 57-63, 2007. 査読無
  18. 鈴木真介, 秋山英三, “多人数ゲームにおける間接互惠性の進化: 4人ゲームの例,’’ 人工知能学会知識ベースシステム研究会第77回研究会(知能・適応と社会、ネットワーク)論文集, pp. 65-69, 2007. 査読無
  19. 鈴木真介, 秋山英三, “多人数グループ内での間接的互惠性の進化: Standing評判基準の効果”, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 5, pp. 1463-1472, 2006. 査読有
  20. Kimura, H. and Akiyama, E., “Grand Canonical Minority Game with Variable Strategy Spaces,’’ *New Frontiers in Artificial Intelligence: Proceeding of the 19th Annual Conferences of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 291-301, Springer-Verlag, (2006). 査読有
  21. 杉崎裕治 and 秋山英三, 「友人ネットワーク形成における2者間と3者間の関係の構造化の違い」日本ソフトウェア科学会ネットワークが創発する知能研究会第2回ワークショップ (JWEIN2006) Proceedings, 97-104, (2006). 査読有
  22. 木村博道 and 秋山英三, 「日本の株式市場におけるゼロインテリジェンスモデルの説明力」, The Proceedings of the Joint Agent Workshop 2006 (JAWS 2006), 8 pages (2006), USBメモリによる配布. 査読有
  23. 木村博道, 秋山英三, “流動性指標に見るトレーダーの行動,’’ 数理モデル化と問題解決シンポジウム(複雑系の科学とその応用)論文集, pp. 57-62, 2006. 査読無
  24. 鈴木真介, 秋山英三, “Dynamics of indirect reciprocity in three-person game,’’ 数理モデル化と問題解決シンポジウム(複雑系の科学とその応用)論文集, pp. 209-216, 2006. 査読無
  25. 鈴木真介, 秋山英三, “n人囚人のジレンマゲームにおける2種類の互惠的協力行

動の進化”, 情報処理学会研究報告[知能と複雑系], Vol. 2006, No. 37, pp. 7-12, 2006. 査読無

〔学会発表〕(計 12 件)

1. 秋山英三, “繰り返し指導者ゲームにおける戦略の進化とミスの影響,” 一橋ゲーム理論ワークショップ, 一橋大学マースキューリタワー (東キャンパス) 会議室, 2009 年 3 月 5 日.
2. 秋山英三, “エラー付き指導者ゲームにおける戦略の進化,” 知識ベースシステム研究会 第 81 回研究会発表会, ラフォーレ蔵王リゾート&スパ, 2009 年 3 月 2 日.
3. 秋山英三, “参加者の能力の分布が市場の揺らぎに与える影響,” ファイナンスにおける人工知能応用研究会 第 2 回研究会, 東京理科大学九段校舎, 2009 年 1 月 25 日.
4. Eizo Akiyama, “Evolution of Strategies in Noisy Leader Game,” 2008 Winter Workshop on Economics with Heterogeneous Interacting Agents, Kainan University, Taoyuan, Taiwan, December 5, 2008.
5. 秋山英三 and 吉田和男, “エラー付き指導者ゲームにおける戦略の進化,” Joint Agent Workshop (JAWS 2008), 大津プリンスホテル, 2008 年 10 月 29 日.
6. 秋山英三, “構成員の能力の非均一性と社会的効率”, 人工知能学会 知識ベースシステム研究会第 81 回研究会発表会 (知能・適応と社会、ネットワーク), 筑波大学 (大塚キャンパス), 2008 年 3 月 27 日.
7. Nobuyuki Hanaki, Ishikawa Ryuichiro, Akiyama Eizo, “Learning Games”, The Third International Nonlinear Sciences Conference, Tokyo, Japan, Mar.15, 2008.
8. 秋山英三, “動的資源を巡る行動同期の機構と協力ルールの形成”, 人工知能学会 知識ベースシステム研究会 第 77 回研究会発表会 (知能・適応と社会、ネットワーク), 筑波大学 (大塚キャンパス), 2007 年 3 月 30 日.
9. 秋山英三, “ゲームと時間”, シンポジウム「社会シミュレーションの可能性」, 東京工業大学 (大岡山キャンパス), 2007 年 3 月 27 日 (招待講演)
10. Eizo Akiyama, “Dynamical Systems Game and Dynamics of Games”, Japanese-German Workshop on Evolutionary Economics, Max Planck Institute of Economics, Jena, Germany, March 5, 2007.

11. Eizo Akiyama, “Wechselseitige Zusammenarbeit von Handelnden mit beschränkter Rationalität,” (限定合理的主体における互惠的行動の可能性), Denken, Handeln und Entscheiden, Bonn, Germany, October 30, 2006. (招待講演)
12. Eizo Akiyama, “Tutorial : Social Science and Computer Simulation”, The 2nd Asian Decentralization Conference, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan, August 18, 2006.

〔図書〕(計 4 件)

1. 秋山英三, “少数派ゲーム: 社会におけるプレイヤーの能力の分布が社会全体の効率に与える影響,” 「応用ゲーム理論 (仮題)」-(中山幹夫・武藤滋夫・船木由喜彦 編), 東洋経済新報社 (2009, forthcoming).
2. 秋山英三, “エラー付き指導者ゲームにおける戦略の進化,” 「地球秩序のシミュレーション分析」(吉田和男・井堀利宏・瀬島誠 編), 日本評論社, 111-129 (2009).
3. 秋山英三, “どうすれば協力的な社会が作れるか,” 「社会工学が面白い ― 学際学問への招待」(筑波大学社会工学類編), 開成出版, 45-52 (2008).
4. Akiyama, E., “Wechselseitige Zusammenarbeit von Handelnden mit beschränkter Rationalität (限定合理的主体における互惠的行動の可能性),” Deutsch-Japanische Akademie für integrative Wissenschaft (hrsg. von Daiseion-ji e.V. und der Wilhelm Gottfried Leibniz Gemeinschaft e.V., J. H. Roll Verlag), 173-192 (2007).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

秋山 英三 (AKIYAMA EIZO)

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授

研究者番号: 40317300